

28. AGA-Jahrestagung 2018

vom 22. bis 24. Oktober 2018 in St. Johann im Pongau



Wassermanagement

Bernd Leinauer

Professor &
Extension Turfgrass Specialist
New Mexico State University

Special Professor,
Endowed Chair Turfgrass
Ecology
Wageningen University



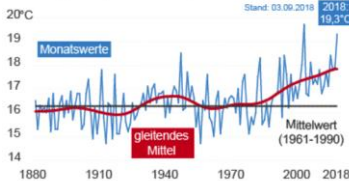
Wassermanagement

1. Einleitung – Problem
2. Wasserbedarf
3. Faktoren die Bedarf beeinflussen
 - Wasserqualität
 - Pflanzenbestand/Qualitätsanspruch
 - Verteilgenauigkeit
4. Maßnahmen Bedarf zu reduzieren:
 - Änderung des Pflanzenbestands
 - Beregnungsanlage
 - ✓ Alternative Technologien
 - ✓ Beregnungssteuerung (Bodenfeuchte u.a. Technologien)



Sommer 2018

▼ Lufttemperatur | Deutschland | Sommermittelwerte



Deutscher Wetterdienst, 2018

- Einer der
- Wärmsten
 - Trockensten
 - Sonnnigsten



Niederschlagsentwicklung

- Regional große Unterschiede
- 16 % Zunahme in Schleswig-Holstein
- In den östlichen Bundesländern nur geringfügige Zunahmen, in Sachsen sogar eine geringe Abnahme
- Sommerliche Abnahme der Niederschläge mit bis zu 20% vor allem im Nordosten Deutschlands und in der Lüneburger Heide, aber auch etwas im Südwesten
- Im Süden und Südwesten sind dagegen die winterlichen Niederschläge besonders stark angestiegen, z.T. bis 50 %



Problem Bewässerung

1. Nachhaltigkeit
 - Wassermenge – Konkurrenz mit anderen Bereichen
 - Energieaufwand – CO₂ Fußabdruck
2. Kosten
3. Rasenqualität / Pflanzenbestand allg.
 - Wasserqualität
 - Wasserquantität



Problem: Wasserkosten

- Nevada:
 - \$0.35 / 1000l
 - 950 x 10⁶ l used in 2007
 - \$325,000/course
- Arizona:
 - Golf courses spend \$275,000 per year on water
 - Required: any new golf course must have their own source of water
 - Third highest per round green fees (behind Hawaii and Nevada)
- In Southwest cost for water as high as \$800,000/course



Golfplatzbewässerung

1. Einleitung – Problem
2. Wasserbedarf
3. Faktoren die Bedarf beeinflussen
 - o Wasserqualität
 - o Pflanzenbestand/Qualitätsanspruch
 - o Verteilgenauigkeit
4. Maßnahmen Bedarf zu reduzieren:
 - o Änderung des Pflanzenbestands
 - o Beregnungsanlage
 - ✓ Alternative Technologien
 - ✓ Beregnungssteuerung (Bodenfeuchte u.a. Technologien)



You can't manage what you don't measure

The old business adage is especially true when it comes to applying water to golf course turf.

Michael D. Vag, CSO, USA

GCM, June 2011

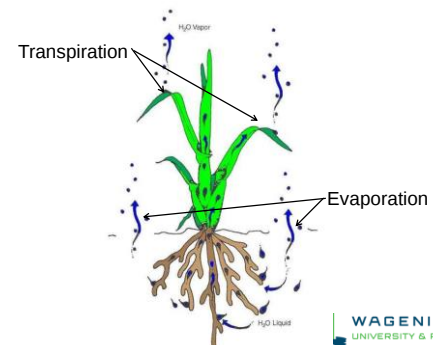
Bewässerungsmenge

$IR = \sum (A, ETo, ISe, Wq, Kc) \cdot f_{(Kc)} Sp, TQ, GDD, PAW, Mi$
 A: Bewässerte Fläche SP: Grasart
 ETo: Referenz Evapotranspiration TQ: Rasenqualität
 ISe: Effizienz des Bewässerungssystems GDD: Wachstumstage
 Wq: Wasserqualität PAW: Pflanzenverfügbares Bodenwasser
 Kc: Pflanzenkoeffizient Mi: Pflege Intensität

Bewässerungsmenge > Pflanzenbedarf / Bewässerungsbearf



Wasserbedarf - Evapotranspiration



Potential Evapotranspiration

ET_o calculated from

- Solar radiation
- Temperature
- Humidity
- Wind speed

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$



NMSU Turfgrass Weather Station GDD and ET Data

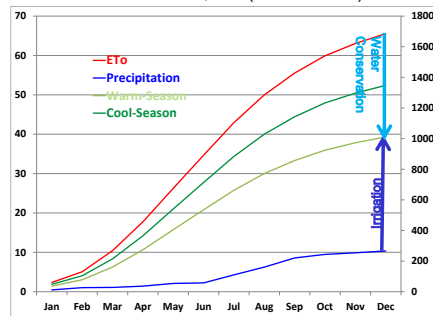
Date	Temperature		RH		Wind Speed	Solar Radiation	Precipitation	Growing Degree Days		Reference ET		
	Max	Min	Max	Min	Mean	Total	Total	Daily	Cumulative	ETH	ETo	ETr
USMountain	C	C	%	%	m/s	MJ/m ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2017-06-19	39.77	24.18	50.33	12.28	2.47	25.14	0	21.98	21.98	7.64	8.47	11.76
2017-06-20	38.15	24.38	50.33	14.63	2.90	27.56	0	21.27	43.24	7.07	9.03	12.55
2017-06-21	39.24	27.81	51.94	11.03	3.19	27.68	0	23.43	66.67	6.79	9.95	14.27
2017-06-22	42.53	23.24	42.46	6.58	1.74	28.20	0	22.89	89.55	8.65	8.14	10.98
2017-06-23	43.05	25.60	33.90	4.14	2.90	27.00	0	24.33	113.88	8.46	10.10	14.70
2017-06-24	34.87	22.05	60.42	19.14	4.71	26.73	0	18.46	132.34	6.43	9.70	14.00
2017-06-25	34.60	21.27	67.55	19.72	3.17	28.15	0	17.94	150.27	6.48	8.40	11.46

ETH: Hargreaves and Samani Reference ET

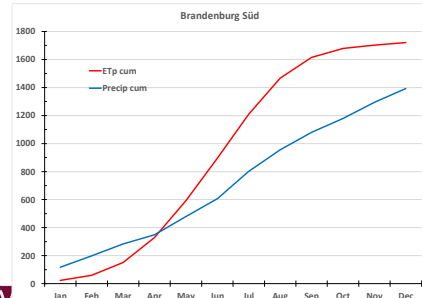
ETo: Penman-Monteith Short Canopy Reference ET

ETr: Penman-Monteith Tall Canopy Reference ET

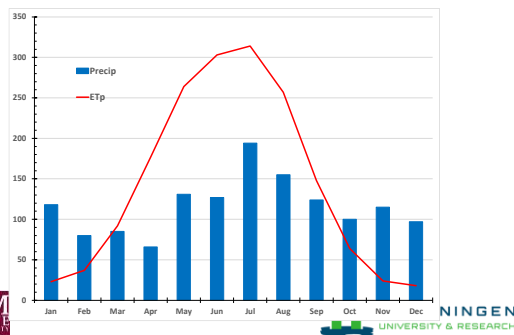
Turfgrass Irrigation Requirement Las Cruces, NM (2005 – 2009)



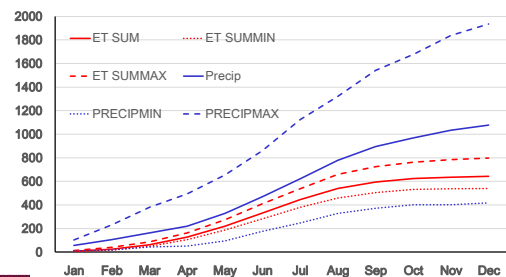
Evapotranspiration und Niederschlagsmenge in Brandenburg Süd (2000 – 2016)



Evapotranspiration und Niederschlagsmenge in Brandenburg Süd (2000 – 2016)



Evapotranspiration und Niederschlagsmenge in Bischofshofen (2000 – 2016)



Turfgrass Irrigation

	Las Cruces	Bischofshofen
Cool-season	1250 mm	800 mm (max)
Warm-season	965 mm	Nd 420 mm (50%)
Grass Type	80 ha	50 ha
WS	772.000 m ³	
CS	1.000.000 m ³	300.000 m ³



Golfplatzbewässerung

1. Einleitung – Problem
2. Wasserbedarf
3. Faktoren die Bedarf beeinflussen
 - o Wasserqualität
 - o Pflanzenbestand/Qualitätsanspruch
 - o Verteilgenauigkeit
4. Maßnahmen Bedarf zu reduzieren:
 - o Änderung des Pflanzenbestands
 - o Beregnungsanlage
 - ✓ Alternative Technologien
 - ✓ Beregnungssteuerung (Bodenfeuchte u.a. Technologien)



Bewässerungsmenge

$$IR = \sum (A, ET_o, ISe, Wq, Kc) f_{(Kc)} Sp, TQ, GDD, PAW, Mi$$

A: Bewässerte Fläche
 ET_o: Referenz Evapotranspiration
 ISe: Effizienz des Bewässerungssystems
 Wq: Wasserqualität
 Kc: Pflanzenkoeffizient

SP: Grasart
 TQ: Rasenqualität
 GDD: Wachstumstage
 PAW: Pflanzenverfügbares Bodenwasser
 Mi: Pflege Intensität

Bewässerungsmenge > Pflanzenbedarf / Bewässerungsbearf



Water Use vs. Drought Resistance

Water Use (ET) is not synonymous with the plant's ability to resist drought

Drought avoidance:

Ability to avoid tissue damaging water deficits

- o Reduced leaf area (rolled, folded leaf blades)
- o Leaf orientation and extension
- o Deep root system
- o Seashore paspalum
- o Tall fescue

Drought tolerance:

Ability to endure low tissue water deficits

- o Hardiness to low tissue water deficits
- o Dormancy / Escape
- o Buffalograss
- o St. Augustinegrass

- o Bermudagrass

- o Kentucky bluegrass



Study

Cool-season drought trial

1. Tall fescue [*Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort.] 10 var.
2. Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) 7 var.
3. Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) 8 var.
4. Irrigation applied at 115%, 100%, 85%, 70%, 55% ET_os
5. CRBD, 4 replications (500 plots)



Summary

Top 5 performing grasses:

1. BAR Pp 110358 (Barserati)
2. Pennington Smart Seed KBG
3. Barrari
4. BAR Pp 119327
5. Pennington Smart Seed TF



Bewässerungsbedarf (1)

- ET wurde (historisch betrachtet) unter nicht-limitierenden Feuchtebedingungen bestimmt
- Die sehr weite ET - Bereich (innerhalb von Sorten und Arten) weist darauf hin, daß Wasserverbrauch von vielen Faktoren abhängt, z.B. Bodenfeuchte und Qualitätsanspruch
- Im Zusammenhang der Wassereinsparung muß die Frage deshalb nicht lauten, wieviel Wasser Gräser verwenden, sondern wieviel ist minimal notwendig damit Gräser überleben und Qualitätsansprüche erfüllt werden
- Defizitbewässerung → Kc



Bewässerungsbedarf (2)

- Defizitbewässerung kann nur dann effektiv sein wenn die Rasenflächen in Abständen ausreichend mit Niederschlag versorgt werden, damit das Bodenprofil aufgefüllt wird (Shearman 2008).
- Sollten diese natürlichen Niederschlagsperioden nicht oder nicht ausreichend auftreten, müssen Trockenperioden von Bewässerungsperioden unterbrochen sein, damit die Gräser sich erholen können (Baird, et al., 2009; Devitt and Morris, 2008; Leinauer and Devitt, 2011).
- Der Trockenresistenzmechanismus als Folge reduzierter Bewässerung ist die Dormanz, was den Verlust von Farbe, Deckungsgrad, und Qualität zur Folge hat.



Schlussfolgerung

- 1) Traditionelle Kaltzonengräser präsentieren sich besser als vielfach angenommen, auch wenn weniger Wasser verwendet wird
- 2) "Viel Wasser verbrauchende Gräser" erfüllen die Qualitätsmerkmale ähnlich (oder sind besser) als die sog. "gering Wasser verbrauchende Gräser" unter den gleichen Bewässerungsbedingungen
- 3) Um praxisnahe Empfehlungen aussprechen zu können, sind regionale Untersuchungen und Versuche notwendig
- 4) Zusätzliche Stressfaktoren z.B. Salz oder Belastung müssen in Untersuchungen mit einfließen



Warmzonen (Rasen-)gräser

- | | | |
|---|--------------------|--------------------------------|
| 1 | Bermudagrass | <i>Cynodon dactylon ssp.</i> |
| 2 | Zoysiagrass | <i>Zoysia spp.</i> |
| 3 | Seashore paspalum | <i>Paspalum vaginatum</i> |
| 4 | Buffalograss | <i>Bouteloua dactyloides</i> |
| 5 | Inland saltgrass | <i>Distichlis spicata</i> |
| 6 | St. Augustinegrass | <i>Stenotaphrum secundatum</i> |
| 7 | Centipedegrass | <i>Eremochloa ophiuroides</i> |

USDA / NRCS, 2016
<http://plants.usda.gov>



Warmzonen (Un-)gräser

- | | | | |
|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 1 | Crabgrass | Fingerhirse | <i>Digitaria sanguinalis</i> |
| 2 | Goosegrass | Indische Fingerhirse | <i>Eleusine indica</i> |
| 3 | Dallisgrass | | <i>Paspalum dilatatum</i> |
| 4 | Green Foxtail | Grüne Borstenhirse | <i>Setaria viridis</i> |
| 5 | Jungle rice/
Barnyardgrass | | <i>Echinochloa crus-galli</i> |
| 6 | Bermudagrass | Hundszahn | <i>Cynodon dactylon</i> |

USDA / NRCS, 2016 <http://plants.usda.gov>



Golfplatzbewässerung

1. Einleitung – Problem
2. Wasserbedarf
3. Faktoren die Bedarf beeinflussen
 - o Wasserqualität
 - o Pflanzenbestand/Qualitätsanspruch
 - o Verteilgenauigkeit
4. Maßnahmen Bedarf zu reduzieren:
 - o Änderung des Pflanzenbestands
 - o Beregnungsanlage
 - ✓ Alternative Technologien
 - ✓ Beregnungssteuerung (Bodenfeuchte u.a. Technologien)



Parameter zur Bestimmung der Wasserqualität

Wasserqualitätsfaktoren:

- Biologische
- Physikalische
- Chemische



Wasserqualität

Neu auftkommende Schadstoffe:

(Contaminants of Emerging Concern – CECs)

- Pharmazeutika, Kosmetika und Körperpflegemittel (Pharmaceuticals and Personal Care Products – PPCPs)
- Endokrin wirksame Stoffe (EWS) (Endocrine Disruptors – Hormones)



Biologische Faktoren

- Bakterien
 - Salmonellen, E. coli, Vibrio, Myco, Clostridien
 - Trinkwassergrenzwert: 0/ml
- Algen
- Cyanobakterien (Blaualgen)
- Eisen-, Mangan-, Schwefelbakterien
- Nematoden



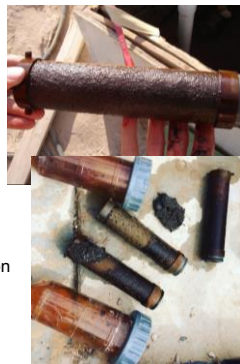
Biologische Faktoren

- Bakterien
- Algen
 - Sauerstoffgehalt
 - Nährstoffgehalt (Nitrate, Phosphate, ...), Eutrophierung
 - Verstopfen von Filtern und Düsen
 - Veralgung von Rasenoberflächen
 - Höchstwerte nicht festgelegt
- Cyanobakterien (Blaualgen)
- Eisen-, Mangan-, Schwefelbakterien
- Nematoden



Biologische Faktoren

- Bakterien
- Algen
- Cyanobakterien (Blaualgen)
- Eisen-, Mangan-, Schwefelbakterien
 - Verwenden Fe, Mn, und S unter anaeroben Bedingungen zur Produktion von sog. Biofilmen
 - Geruchsbelästigung
 - Verkrustung und Verstopfung von Leitungen, Düsen, Filter



Physikalische Qualitätsfaktoren

- Suspensierte Feststoffe
 - Anorganische Bodenteilchen (Sand, Lehm, Ton)
 - Organische Partikel (Pflanzen, Algen, Bakterien)
 - Emulgierte Stoffe (Öle, Fette)
 - Im amerikanischen bezeichnet als **TSS (total suspended solids)** – nicht zu verwechseln mit **total soluble salts**

Gefährdung der Bewässerungsanlage:

Keine:	< 50 mg/l
Gering bis mittelmäßig:	50 – 100 mg/l
Hoch:	> 100 mg/l

(Jensen und Westcot, 1994)



ALTERNATIVE WASSERQUELLEN

1. Abwasser
 - Gereinigtes Klärwasser
 - Grauwasser (↔ Schwarzwasser)
2. Grundwasser (salzhaltig)
3. Oberflächenwasser
 - Straßenabflußwasser
 - Brackwasser (Mischung aus Süß- und Meerwasser)
 - Meerwasser
4. Konzentrat der Umkehrosmose
5. Produziertes Wasser



Richtlinien zur Brauchwasserberechnung (US EPA)

Meßgröße	Grenzwert	Praxis Werte (AZ,CA,FL,HI,NV,TX,WA)
Sauerstoffbedarf	< 10 mg/L	NS – 30 mg/L
Suspensierte Feststoffe	< 30 mg/L	NS – 30 mg/L
Turbidität		
Mittel	≤ 2 NTU	NS – 2 NTU
Max.	≤ 5 NTU	NS – 5 NTU
Fäkalcoliforme Bakterien		
Mittel	–	0 – 20/100 ml
Max.	≤ 14/100 ml	23 – 75/100 ml
Gesamtcoliforme Bakt.		
Mittel	–	2.2/100 ml
Max.	–	23/100 ml
Cl ₂	≤ 1 mg/L	–
mininthen (Plattwürmer)	–	–



(Jensen, Carrow und Huck, 2009)



Chemische Qualitätsfaktoren

Parameter	Einheit	Bewertung
Elektrische Leitfähigkeit Salzgehalt	dS/m ppm, mg/l	Potenitielle Gefährdung der Pflanzen durch Salzstress
SAR	mEq/L	Potenitielle Gefährdung der Bodenstruktur durch Natriumüberschuß
Calcium	ppm, mg/l	Salzgehalt, SAR
Magnesium	ppm, mg/l	Salzgehalt, SAR
Natrium	ppm, mg/l	Salzgehalt, SAR, Wurzelschädigung, Blattschädigung durch Verbrennung
Kalium	ppm, mg/l	Salzgehalt
Carbonat, Hydrogencarbonat	ppm, mg/l	Ausfällung von Ca und Mg
Chlorid	ppm, mg/l	Blattschädigung durch Verbrennung
Sulfat	ppm, mg/l	Gefahr des Black Layer
N (Gesamt-N, Nitrat)	ppm, mg/l	Salzgehalt, Einrechnung in die Düngungsblanz



Terminology

- elektrische Leitfähigkeit des Bodensättigungsextrakts (EC) [dS/m]
 - dS/m [deciSiemens m⁻¹] =
 - mmhos/cm [millimhos cm⁻¹] =
 - µmhos [micromhos cm⁻¹] x 1000
- Gesamtsalzgehalt [ppm] (TDS)
 - ppm [parts per million] =
 - mg/l [milligrams l⁻¹]
 - 1% = 10,000 ppm
- EC [dS/m] x 640 = TDS [ppm]



Water Quality Comparisons

	Ground Water				Recycled Water		Sea Water	CBM Water (47 Wells)	potable
	El Paso	Las Cruces	Carlsbad, NM	CA	Las Cruces				
pH	7.8	6.4	7.3	7.7	7.0	7.5		7.6	7.5
EC (dS m ⁻¹)	2.6	1.1	4.0	6.4	2.0	2.3	50	3.0	0.6
TDS (ppm)	1,644	710	2,560	3,925	1,266	1,500	34,500	2,010	390
SAR	11.5	5.2	10.5	6.4	4.8	7.6	39.8	29	1.4

Data from: Assadian, 2006; Asano et al., 1985; Duncan et al., 2009, and Rice et al., 2000



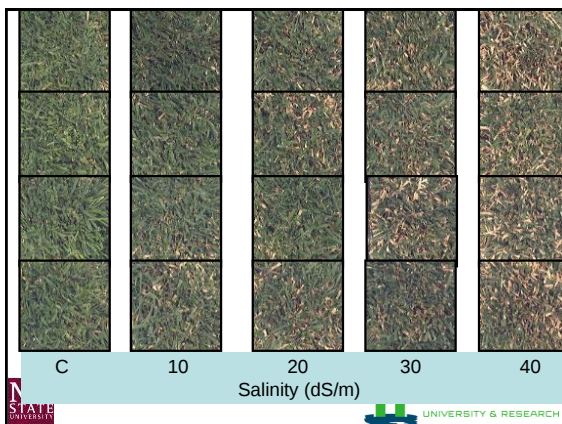
Puccinella distans - Salzscheiden



Water Quality



- TDS (salt content)
- Na content
- Mn, B toxicity

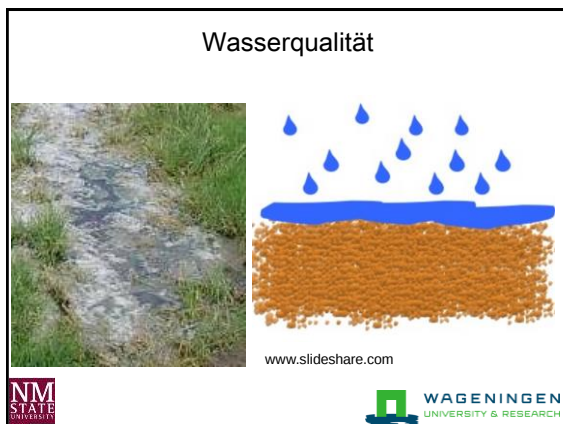
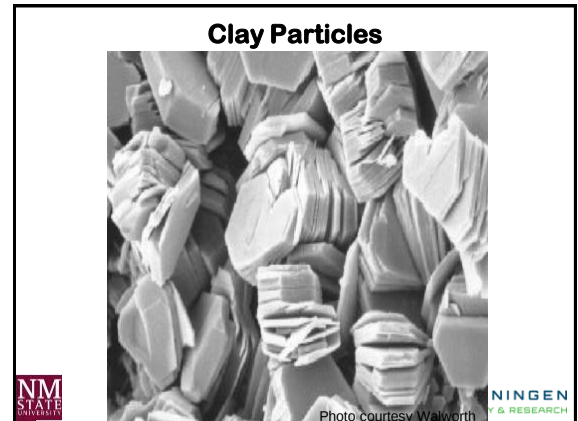
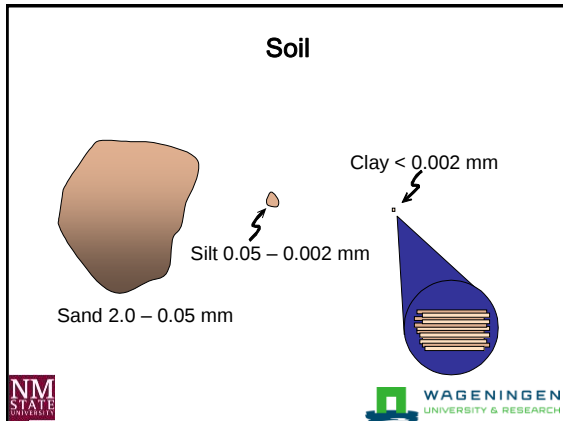


Estimated Relative Salinity Tolerances 1 (Marcum, 1999)

Species	Grass type	EC _e (dS/m) for 50% growth reduction
<i>Distichlis sp. var. stricta</i>	Warm	>35
<i>Sporobolus virginicus</i>		
<i>Paspalum vaginatum</i>	Warm	25
<i>Zoysia matrella, tenuifolia</i>		
<i>Puccinella</i> spp.	Cool	
<i>Stenotaphrum secundat.</i>	Warm	18
<i>Cynodon</i> spp.	Warm	15
<i>Zoysia japonica</i>	Warm	12
<i>Agrostis stolonifera</i>	Cool	9
<i>Distichlis arundinacea</i>	Cool	

Estimated Relative Salinity Tolerances 2 (Marcum, 1999)

Common name	Grass type	EC _e (dS/m) for 50% growth reduction
<i>Lolium perenne</i>	Cool	5
<i>Buchloe dactyloides</i>	Warm	
<i>Bouteloua</i> spp.	Warm	
<i>Poa pratensis</i>	Cool	3
<i>Poa trivialis</i>	Cool	
<i>Festuca longifolia / elatior / ovina</i>	Cool	
<i>Lolium multiflorum</i>	Cool	
<i>Axonopus</i> spp.	Warm	
<i>Eremochloa ophiuroides</i>	Warm	2
<i>Agrostis tenuis/canina</i>	Cool	
<i>Paspalum notatum</i>	Warm	

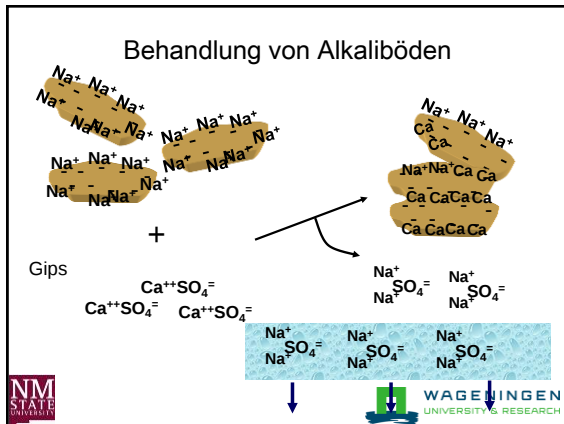


Abgrenzungsmerkmale saline und alkalischer Böden

Wichtig!

Klassifizierung	EC [†] (dS/m)	pH [†]	SAR [†]	ESP [†] (%)
Neutralsalzboden	> 4	< 8.5	< 13	< 15
Alkaliboden	< 4	8.5 - 10	> 13	> 15
Salzalkaliboden	> 4	< 8.5	> 13	> 15

[†] Sättigungsextrakt



Pflegemaßnahmen zur Kontrolle von Salzproblemen (1)

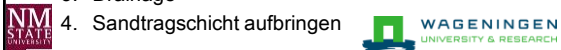
1. Reduzierung des Salzeintrags
2. Sanieren von salzhaltigen Böden:
Calciumdüngung und Vermeidung von Natrium um Bodenstrukturprobleme zu vermeiden
3. Salztolerante Gräser



Pflegemaßnahmen zur Kontrolle von Salzproblemen (2)

Reduzierung des Salzeintrags (Forts.)

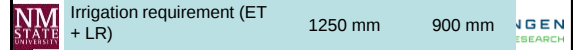
- Überschußberegung zur Auswaschung:
 1. Auswaschungsbedarf (Leaching requirement – LR)
 2. Auswaschungsanteil (Leaching fraction – LF)
- Verbesserung der Drainage (Infiltration und Perkolat)
 1. Sand topdressing
 2. Bodenbearbeitung
 3. Drainage
 4. Sandtragschicht aufbringen



$$\text{Leaching requirement } LR = \frac{EC_w}{5 EC_{TS} - EC_w}$$

Rhoades, 1974

	Tall fescue	Bermuda-grass
EC_{TS} (dSm ⁻¹)	7	15
EC_w (dSm ⁻¹)	4	4
LR	0.13 (13%)	0.06 (6%)
Water requirement (ET)	1100 mm	875 mm
Irrigation requirement (ET + LR)	1250 mm	900 mm



Soil Cultivation





Bodenart	ph	EC (mmhos/cm)	SAR	Problem
Sand	7.3	3.8	2.1	Unwahrscheinlich

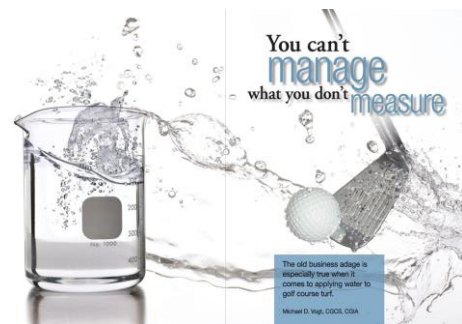


Soil type	ph	EC (mmhos/cm)	SAR	Problem
Sandiger Lehm	8.5	11.9	84.6	Sehr wahrscheinlich



Golfplatzbewässerung

1. Einleitung – Problem
2. Wasserbedarf
3. Faktoren die Bedarf beeinflussen
 - o Wasserqualität
 - o Pflanzenbestand/Qualitätsanspruch
 - o Verteilgenauigkeit
4. Maßnahmen Bedarf zu reduzieren:
 - o Änderung des Pflanzenbestands
 - o Beregnungsanlage
 - ✓ Alternative Technologien
 - ✓ Beregnungssteuerung (Bodenfeuchte u.a. Technologien)



GCM, June 2011



Irrigation Water Requirement

$$WR = \frac{ET_o \cdot K_L \cdot A}{DU \cdot E_{WM} \cdot C_U} \quad \text{without rainfall}$$

$$WR = \frac{[(ET_o \cdot K_L) - R_E] \cdot A}{DU \cdot E_{WM} \cdot C_U} \quad \text{with effective rainfall}$$

- WR = Water Requirement
 ET_o = Reference Evapotranspiration
 K_L = Landscape Coefficient
 A = Area
 C_U = Conversion Factor
 D_U = Distribution Uniformity
 E_{WM} = Management Efficiency
 R_E = Effective Rainfall

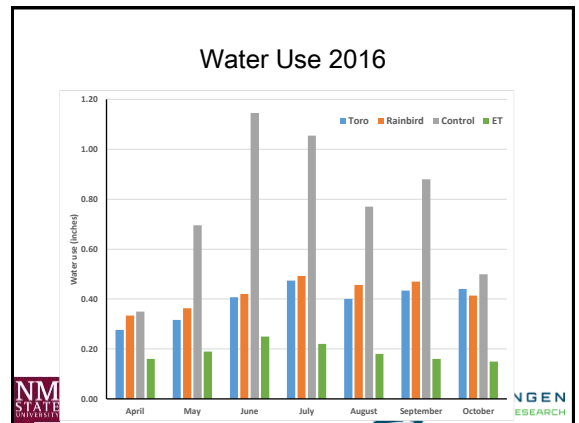
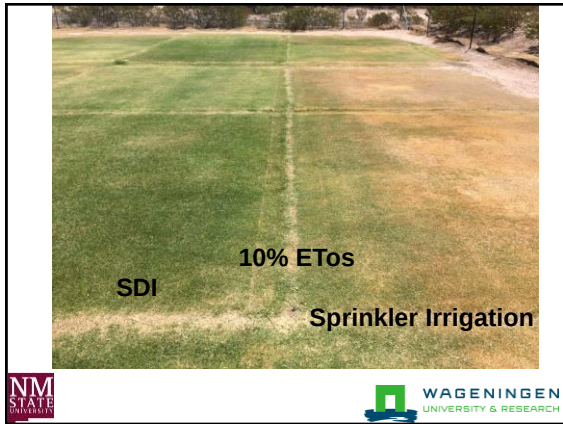


Irrigation Water Requirement

$$WR = \frac{(ET_o \cdot K_L) - R_E}{DU}$$

- WR = Water Requirement
 ET_o = Reference Evapotranspiration
 K_L = Landscape Coefficient
 R_E = effective Rainfall
 D_U = Distribution Uniformity





A. Soil Sensors

- Powerful tool as it relates directly to plant available soil moisture
- Accuracy can be affected by salinity
- Dielectric sensors not only measure moisture but also temperature and estimate

NM STATE UNIVERSITY

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Irrigation Water Requirement

$$WR = \frac{(ET_o \cdot K_L) - R_E}{DU}$$

WR = Water Requirement
 ET_o = Reference Evapotranspiration
 K_L = Landscape Coefficient
 R_E = effective Rainfall
 DU = Distribution Uniformity

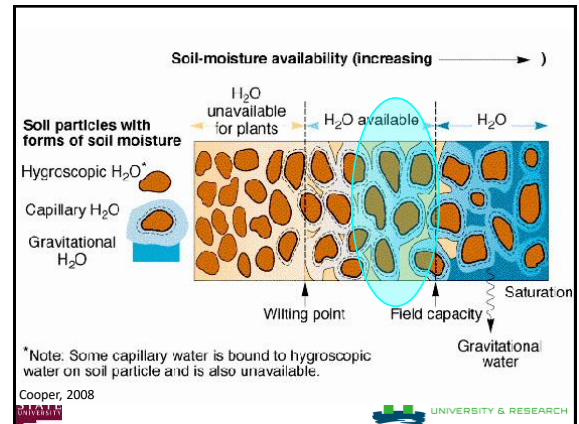
NM STATE UNIVERSITY

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

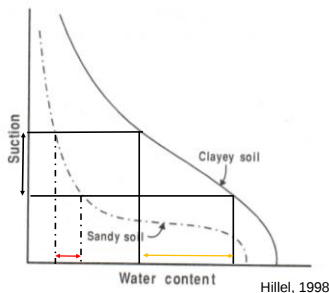
Bewässerungsbedarf

- ET, K_c bestimmt allgemein wieviel Wasser ausgebracht werden soll
- Natürlicher Niederschlag und Bodenwassergehalt ist nicht berücksichtigt

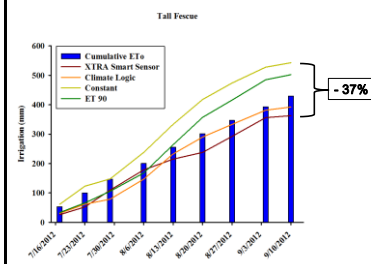
Eintrag	Verlust
Bewässerung	Evapotranspiration
Niederschlag	Oberflächenabfluß
Bodenwasserverteilung (Kapillaraustausch und Hydraulic lift)	Tiefenabfluß (Dränage)



Effect of texture on soil water retention



Results



References (1)

- Schiavon, M., B. Leinauer, M. Serena, B. Maier, and R. Sallenave. 2014. Plant Growth Regulator and Soil Surfactants' Effects on Saline and Deficit Irrigated Warm-season Grasses: I. Turf Quality, Color Retention, and Soil Moisture Distribution. *Crop Science* doi: 10.2135/cropsci2013.10.0707
- Schiavon, M., B. Leinauer, M. Serena, B. Maier, and R. Sallenave. 2014. Plant Growth Regulator and Soil Surfactants' Effects on Saline and Deficit Irrigated Warm-season Grasses: II. Pigment Content and Superoxide Dismutase Activity. *Crop Science* doi: 10.2135/cropsci2013.10.0708
- Ganjugunte, G., B. Leinauer, M. Schiavon, and M. Serena. 2013. Using Electro-Magnetic Induction to Determine Soil Salinity and Sodicity in Turf Root Zones. *Agronomy Journal* 105:836-844.
- Sevostianova, E., B. Leinauer, R. Sallenave, D. Karcher, and B. Maier. 2011. Soil Salinity and Quality of Sprinkler and Drip Irrigated Warm-Season Turfgrasses. *Agronomy Journal* 103:1773-1784.
- Sevostianova, E., B. Leinauer, R. Sallenave, D. Karcher, and B. Maier. 2011. Soil Salinity and Quality of Sprinkler and Drip Irrigated Cool-Season Turfgrasses. *Agronomy Journal* 103:1503-1513
- Schiavon, M., B. Leinauer, E. Sevostianova, M. Serena, and B. Maier. 2011. Warm-season turfgrass quality, spring green-up, and fall color retention under drip irrigation. Online. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2011-0422-01-RS.



References (2)

- Serena, M., B. Leinauer, M. Schiavon, B. Maier, and R. Sallenave. 2014. Establishment and Rooting Response of Bermudagrass Propagated with Saline Water and Subsurface Irrigation. *Crop Science* 54: 827-836.
- Schiavon, M., B. Leinauer, M. Serena, R. Sallenave, and B. Maier. 2013. Establishing tall fescue and Kentucky bluegrass using subsurface irrigation and saline water. *Agronomy Journal* 105:183-190.
- Schiavon, M., B. Leinauer, M. Serena, R. Sallenave, and B. Maier. 2012. Bermudagrass and Seashore Paspalum Establishment from Seed Using Differing Irrigation Methods and Water Qualities. *Agronomy Journal* 104:706-714.
- Schiavon, M., M. Serena, R. Sallenave, B. Leinauer, and J. Baird. IN PRESS. Seeding date and irrigation system effects on establishment of warm-season turfgrasses. *Agronomy Journal*.
- Sevostianova, E. and B. Leinauer. 2014. Subsurface-Applied Tailored Water: Combining Nutrient Benefits with Efficient Turfgrass Irrigation. *Crop Science* 54:1926-1938. doi:10.2135/cropsci2014.01.0014



Acknowledgements

